

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

15.01.03

10/501512

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 1月15日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-006237

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-006237 ]

出 願 人  
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

REC'D 14 MAR 2003

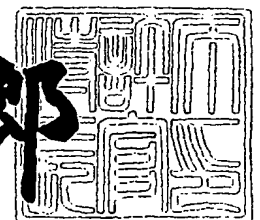
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 2月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3010112

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 101Y0404

【提出日】 平成14年 1月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/12

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

【氏名】 佐々木 隆

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

【氏名】 藤村 康

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

【氏名】 小宮 健雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

【氏名】 勝山 造

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

【氏名】 山林 直之

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板、及び前記基板上に形成された平面導波路型の光導波路を含んで構成され、前記光導波路の所定部位を横切るように、前記光導波路の光軸に直交する垂直軸に対して所定の傾き角度  $\theta$  ( $0^\circ < \theta$ ) で斜めに形成された溝を有する平面導波路型光回路と、

前記平面導波路型光回路の前記溝の内側に前記光導波路を伝送される信号光が通過する部位を含んで設置され、前記信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタと、

前記反射フィルタによって前記信号光が反射された反射光を検出する光検出器とを備え、

前記光検出器は、その光入射面に対して前記反射光が所定角度で入射するように設置されていることを特徴とする光導波路モジュール。

【請求項 2】 前記平面導波路型光回路の上面側に設置され、その光検出器載置面上に前記光検出器を載置する載置部材を備え、

前記載置部材は、前記光検出器の前記光入射面に対して前記反射光が所定角度で入射されるように、前記光検出器載置面を前記平面導波路型光回路の上面に対して角度  $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) で斜めとして設置されていることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路モジュール。

【請求項 3】 前記反射光の光路を、前記光検出器の前記光入射面に対して所定角度で入射される光路へと変更する光路変更手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路モジュール。

【請求項 4】 前記平面導波路型光回路の上面側に設置され、その光検出器載置面上に前記光検出器を載置する載置部材を備え、

前記光路変更手段は、前記載置部材の所定の面上に形成された反射ミラーであることを特徴とする請求項 3 記載の光導波路モジュール。

【請求項 5】 前記反射ミラーは、全反射ミラーであることを特徴とする請求項 4 記載の光導波路モジュール。

【請求項6】 前記光検出器は、前記平面導波路型光回路の上面上に載置されるとともに、

前記光検出器の前記光入射面は、前記反射光が所定角度で入射されるように、前記平面導波路型光回路の上面に対して角度 $\beta$  ( $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ) で斜めとして形成されていることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項7】 前記光検出器の受光部は、前記反射光の光路からみて前記光入射面に対して対向する位置に設けられていることを特徴とする請求項6記載の光導波路モジュール。

【請求項8】 前記平面導波路型光回路は、前記光導波路として、N本（Nは複数）の光導波路を有するとともに、

前記光検出器として、前記N本の光導波路にそれぞれ対応するN個の光検出器を有する光検出器アレイを備えることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項9】 前記光検出器の前記光入射面に、所定の波長帯域内にある光の反射を防止するコート膜が設けられていることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、基板上に形成された平面導波路型の光導波路を有する光導波路モジュールに関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

光ファイバまたは平面光導波路などの光導波路を用いた光回路においては、各光導波路を伝送される信号光の光強度を一定に保つなど、信号光の光強度を好適な値に制御することが望ましい場合がある。このような場合、信号光の光強度を光回路中でモニタし、あるいはさらに、モニタした結果に基づいて光強度を制御することが行われている。

##### 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記した信号光の光強度のモニタには、従来、光導波路上に光カプラを設けて信号光の一部を分岐する方法が用いられている。この方法では、光導波路上の所定の位置に光カプラを設けて信号光を数％程度分岐し、分岐した光の光強度を光検出器でモニタすることによって、その光導波路を伝送されている信号光の光強度をモニタする。

## 【0004】

しかしながら、このように光カプラを用いた場合、光回路を構成する光学部品の点数が増加する上、それらを融着接続する必要があるため、光回路の構成及び製造工程が複雑化するという問題がある。

## 【0005】

これに対して、光カプラを用いることなく、信号光の一部を反射によって取り出して光強度をモニタする方法が提案されている。このようなモニタ方法では、例えば、平面導波路型光回路での光導波路上の所定位置において、光導波路を伝送されている信号光の一部が、光軸に対して所定の角度だけ傾いた方向へとモニタ用の反射光として反射される。そして、その反射光を光導波路が形成されている基板上に設置された光検出器で検出することによって、信号光をモニタする。

## 【0006】

しかしながら、このような信号光のモニタ方法では、基板上に設置された光検出器の光入射面に対して、傾いた角度で反射光が入射される。このとき、光入射面を透過する光の偏波依存性により、光検出器での反射光の受光感度が信号光の偏波状態によって変化してしまうという問題を生じる。この場合、光導波路を伝送されている信号光の偏波状態が特定されなければ、信号光の光強度を正しくモニタすることができない。

## 【0007】

本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、信号光の偏波状態にかかわらず光強度を正しくモニタすることが可能な光導波路モジュールを提供することを目的とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明による光導波路モジュールは、（１）基板、及び基板上に形成された平面導波路型の光導波路を含んで構成され、光導波路の所定部位を横切るように、光導波路の光軸に直交する垂直軸に対して所定の傾き角度 $\theta$ （ $0^\circ < \theta$ ）で斜めに形成された溝を有する平面導波路型光回路と、（２）平面導波路型光回路の溝の内側に光導波路を伝送される信号光が通過する部位を含んで設置され、信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタと、（３）反射フィルタによって信号光が反射された反射光を検出する光検出器とを備え、（４）光検出器は、その光入射面に対して反射光が所定角度で入射するように設置されていることを特徴とする。

## 【0009】

上記した光導波路モジュールにおいては、光カプラによって光導波路を分岐するのではなく、光導波路上に設けられた斜めの溝に設置した反射フィルタによって信号光の一部を反射させ、その反射光によって信号光の光強度をモニタすることが可能な構成としている。これにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。

## 【0010】

また、反射フィルタからの反射光が、光検出器の光入射面に対して所定角度で入射する構成としている。このとき、光入射面を透過する光の偏波依存性が低減されるので、光検出器での反射光の受光感度を信号光の偏波状態によらず略一定とすることができる。これにより、信号光の偏波状態にかかわらず光強度を正しくモニタすることが可能となる。なお、光検出器の光入射面に対する反射光の入射角度については、例えば光入射面に対して略直交する角度、または、 $90^\circ$ を含む所定の角度範囲内にある角度など、光入射面を透過する光の偏波依存性が十分に低減される角度に設定することが好ましい。

## 【0011】

光検出器の光入射面に対して反射光を所定角度で入射させる構成としては、光導波路モジュールは、平面導波路型光回路の上面側に設置され、その光検出器載置面上に光検出器を載置する載置部材を備え、載置部材は、光検出器の光入射面

に対して反射光が所定角度で入射されるように、光検出器載置面を平面導波路型光回路の上面に対して角度 $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) で斜めとして設置されていることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

このような載置部材を用いることにより、平面導波路型光回路に対して一定の角度で傾いて出射される反射光の光路と、光検出器の光入射面とが所定角度をなすように、平面導波路型光回路の上面に対して傾いた状態で光検出器を設置することができる。

【 0 0 1 3 】

また、光導波路モジュールは、反射光の光路を、光検出器の光入射面に対して所定角度で入射される光路へと変更する光路変更手段を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

このような光路変更手段を用いて反射光の光路自体を変更することにより、平面導波路型光回路の上面に対して光検出器を傾けて設置することなく、反射光の光路と、光検出器の光入射面とが所定角度をなす構成を実現することができる。また、光路変更手段を用いる構成では、反射フィルタから光検出器までの距離を短縮することができる。これにより、光検出器での受光感度やクロストークなどの検出特性が向上される。

【 0 0 1 5 】

この光路変更手段については、平面導波路型光回路の上面側に設置され、その光検出器載置面上に光検出器を載置する載置部材を備え、光路変更手段は、載置部材の所定の面上に形成された反射ミラーである構成を用いることができる。また、この場合、反射ミラーを全反射ミラーとすれば、光検出器へと入射される反射光の偏波依存性をさらに低減することができる。

【 0 0 1 6 】

また、光導波路モジュールは、光検出器が、平面導波路型光回路の上面上に載置されるとともに、光検出器の光入射面は、反射光が所定角度で入射されるように、平面導波路型光回路の上面に対して角度 $\beta$  ( $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ) で斜めとし



て形成されていることを特徴とする。

【0017】

このように、光検出器の光入射面を傾けた構成とすることにより、少ない部品点数で、反射光の光路と、光検出器の光入射面とが所定角度をなす構成を実現することができる。また、部品点数が少なくなることにより、その製造工程が簡単化される。

【0018】

この場合、光検出器の受光部は、反射光の光路からみて光入射面に対して対向する位置に設けられていることが好ましい。これにより、光入射面から入射される反射光を効率良く検出することができる。

【0019】

また、平面導波路型光回路は、光導波路として、N本（Nは複数）の光導波路を有するとともに、光検出器として、N本の光導波路にそれぞれ対応するN個の光検出器を有する光検出器アレイを備えることを特徴とする。これにより、N本の光導波路のそれぞれを伝送されるNチャンネルの信号光の光強度を、信号光それぞれの偏波状態にかかわらず正しくモニタすることが可能となる。

【0020】

また、光検出器の光入射面に、所定の波長帯域内にある光の反射を防止するコート膜が設けられていることを特徴とする。光検出器の屈折率は、通常、光導波路などの屈折率から大きく異なる。これに対して、必要に応じて反射防止コートを設けておけば、光検出器へと反射光が入射されるときに生じる余分な反射が抑制され、それによって生じる偏波依存性を抑制することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、図面とともに本発明による光導波路モジュールの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0022】

図1は、本発明による光導波路モジュールの第1実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、基板10、及び基板10上に形成された平面導波路型の8本（8チャンネル）の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を有して構成される平面導波路型光回路1を備えている。

#### 【0023】

光導波路 $2_1 \sim 2_8$ のそれぞれは、所定の光伝送方向（図1中の矢印の方向）に沿って、平面導波路型光回路1の入力端11から出力端12に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、平面導波路型光回路1の光伝送方向に対する所定部位に、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を横切る溝3が設けられている。

#### 【0024】

この溝3には、その内側に、各光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を伝送される信号光の一部を所定の反射率によって反射するための反射フィルタ4が設置されている。本実施形態においては、溝3の内側は、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも上流側の位置で平面導波路型光回路1の上面側には、サブマウント基板70と、光検出器アレイ60とが設置されている。この光検出器アレイ60は、平面導波路型光回路1での8本の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ にそれぞれ対応した8個の光検出器 $61_1 \sim 61_8$ を有している。

#### 【0025】

なお、図1においては、光検出器 $61_1 \sim 61_8$ について、それぞれの受光面の形状を点線で図示している。また、サブマウント基板70については、光検出器アレイ60及び光検出器 $61_1 \sim 61_8$ 等の構成を示すため、その設置位置のみを一点鎖線で図示している。また、平面導波路型光回路1とサブマウント基板70、あるいは、サブマウント基板70と光検出器アレイ60とは、例えば半田によって固定される。

#### 【0026】

図2は、図1に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路 $2_n$ （ $n = 1 \sim 8$ ）の光軸方向（平面導波路型光回路1の光伝送方向）に沿って示す断面図である。なお、この図2においては、溝3、反射フィルタ4、及び光検出器アレイ60を含む部分を拡大して示してある。

## 【0027】

平面導波路型光回路1における光導波路 $2_n$ は、図2に示すように、下部クラッド22、コア20、及び上部クラッド21が基板10上に形成されることによって構成されている。この光導波路 $2_n$ に対して、光導波路 $2_n$ を所定部位で横切る溝3は、コア20に相当し、光導波路 $2_n$ を伝送される信号光が通過する部位を少なくとも含む深さ $d$ で、光導波路 $2_n$ の光軸に直交（基板10に直交）する垂直軸に対して、所定の傾き角度 $\theta$ （ $0^\circ < \theta$ ）で斜めに形成されている。本実施形態においては、溝3の深さ $d$ は下部クラッド22までの光導波路 $2_n$ の厚さよりも大きく設定されている。

## 【0028】

溝3の内側には、反射フィルタ4が挿入されている。反射フィルタ4は、光軸に対して溝3と略同一の角度 $\theta$ で、光導波路 $2_n$ を伝送される信号光が通過する部位を少なくとも含むように設置されている。この反射フィルタ4は、好ましくは誘電体多層膜フィルタからなり、光導波路 $2_n$ を伝送される所定波長（所定の波長帯域内）の信号光の一部が、一定の反射率で反射されるように構成されている。

## 【0029】

平面導波路型光回路1の上部クラッド21の上面側には、サブマウント基板70が設置されている。このサブマウント基板70は、光検出器アレイ60を載置するための載置部材であり、その一方の面が、各光導波路 $2_n$ にそれぞれ対応した光検出器 $61_n$ （ $n=1\sim 8$ ）を有する光検出器アレイ60を載置する光検出器載置面71となっている。光検出器アレイ60は、光導波路 $2_n$ を伝送される信号光の一部が反射フィルタ4で反射された反射光がそれぞれ対応する光検出器 $61_n$ の受光部62へと入射されるように、光検出器載置面71上に配置されている。

## 【0030】

サブマウント基板70は、光検出器載置面71と隣接する面である基板固定面72を介して、平面導波路型光回路1の上面に固定されている。また、基板固定面72は、光検出器載置面71に対して $90^\circ$ より大きい角度をなすように形成

されている。これにより、光検出器載置面 7 1 は、平面導波路型光回路 1 の上面に対して、角度  $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) で斜めとなっている。この角度  $\alpha$  は、反射フィルタ 4 からの反射光の光路を参照して設定される。

#### 【0031】

図 2 に示した構成例では、光検出器アレイ 6 0 の光検出器  $61_n$  として表面入射型のフォトダイオードが用いられており、サブマウント基板 7 0 とは反対側で光検出器  $61_n$  の受光部 6 2 が設けられている光検出器アレイ 6 0 の表面が、反射フィルタ 4 からの反射光に対する光入射面 6 3 となっている。そして、光検出器載置面 7 1 と平面導波路型光回路 1 の上面とがなす角度  $\alpha$  は、図 2 に示すように、反射フィルタ 4 からの反射光が光検出器  $61_n$  の光入射面 6 3 に対して所定角度（図 2 中に示す角度  $\phi$ ）で入射されるように設定されている。

#### 【0032】

また、光検出器  $61_n$  の光入射面 6 3 には、光導波路  $2_n$  を伝送されている信号光の波長帯域に対応する所定の波長帯域内にある光の反射を防止するコート膜である反射防止コート（AR コート）が設けられている。

#### 【0033】

反射フィルタ 4 を含む溝 3 の内側は、充填樹脂 5 によって封止されている。本実施形態における充填樹脂 5 は、溝 3 の内側を封止している内部充填樹脂部 5 1 と、溝 3 の上部を含む平面導波路型光回路 1 の上面側の所定範囲を封止している上部充填樹脂部 5 2 とからなる。これらの内部充填樹脂部 5 1 及び上部充填樹脂部 5 2 は、同一の樹脂材料を用いて一体に形成されている。

#### 【0034】

以上の構成において、光導波路  $2_n$  を伝送されてきた信号光が、上流側端面 3 1 を介して溝 3 内の内部充填樹脂部 5 1 へと出射されると、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ 4 によって、所定の反射率で平面導波路型光回路 1 の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部 5 1 及び反射フィルタ 4 を透過して、下流側端面 3 2 を介して再び光導波路  $2_n$  へと入射される。

#### 【0035】

一方、反射フィルタ 4 によって反射された反射光は、内部充填樹脂部 5 1、光導波路  $2_n$ 、及び上部充填樹脂部 5 2 を介して光検出器アレイ 6 0 に到達し、光入射面 6 3 から光検出器  $61_n$  へと所定の入射角度  $\phi$  で入射される。そして、光検出器  $61_n$  の受光部 6 2 で検出された反射光の光強度から、光導波路  $2_n$  を伝送されている信号光の光強度がモニタされる。

【 0 0 3 6 】

本実施形態の光導波路モジュールの効果について説明する。

【 0 0 3 7 】

図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールにおいては、光カプラによって光導波路を分岐するのではなく、光導波路  $2_n$  上に設けられた斜めの溝 3 に設置した反射フィルタ 4 によって信号光の一部を反射させ、その反射光によって信号光の光強度をモニタすることが可能な構成としている。これにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。

【 0 0 3 8 】

また、反射フィルタ 4 からの反射光が、光検出器アレイ 6 0 の光検出器  $61_n$  の光入射面 6 3 に対して所定角度で入射する構成としている。このとき、光入射面 6 3 を透過する光の偏波依存性が低減されるので、光検出器  $61_n$  での反射光の受光感度を信号光の偏波状態によらず略一定とすることができる。これにより、信号光の偏波状態にかかわらず光強度を正しくモニタすることが可能となる。

【 0 0 3 9 】

ここで、光検出器  $61_n$  の光入射面 6 3 に対する反射光の入射角度  $\phi$  については、光入射面 6 3 を透過する光の偏波依存性が十分に低減される角度に設定する必要がある。具体的には、例えば、光入射面 6 3 に対して略直交する角度に設定することが好ましい。あるいは、 $90^\circ$  を含む所定の角度範囲内にある角度に設定することが好ましい。

【 0 0 4 0 】

また、図 1 に示した光導波路モジュールにおいては、光検出器  $61_n$  の光入射面 6 3 に対して反射光を所定角度で入射させる構成として、平面導波路型光回路 1 の上面側に載置部材であるサブマウント基板 7 0 を設置し、平面導波路型光回

路 1 の上面に対して角度  $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) で斜めとなっている光検出器載置面 7 1 によって光検出器 6 1<sub>n</sub> を含む光検出器アレイ 6 0 を保持する構成を用いている。

#### 【 0 0 4 1 】

このような載置部材を用いることにより、平面導波路型光回路 1 に対して一定の角度で傾いて出射される反射光の光路と、光検出器 6 1<sub>n</sub> の光入射面 6 3 とが、上記した所定角度をなすように、平面導波路型光回路 1 の上面に対して傾いた状態で光検出器 6 1<sub>n</sub> を含む光検出器アレイ 6 0 を設置することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールの構成及び効果について、さらに具体的に説明する。

#### 【 0 0 4 3 】

図 3 は、光導波路モジュールの構成の一例を示す断面図である。この構成例では、平面導波路型光回路の上面側に設置されたサブマウント基板上に、光回路に対して平行に光検出器を配置している。このような構成では、光検出器の光入射面に対して反射フィルタからの反射光が入射する角度  $\phi$  は、図 3 に示すように、 $90^\circ$  から大きくずれて傾いた角度となる。このとき、光入射面を透過する光の透過特性において、入射角度  $\phi$  による偏波依存性が生じる。

#### 【 0 0 4 4 】

すなわち、光入射面への入射角度  $\phi$  が  $90^\circ$  から大きくずれることにより、光入射面を透過する光のうちの偏波状態が異なる光成分である s 波と p 波とで、光入射面での透過率が異なる値となる。そして、この透過率の偏波依存性により、反射フィルタからの反射光に対する光検出器での受光感度が光の偏波状態によって変化する。

#### 【 0 0 4 5 】

図 4 及び図 5 は、光検出器での受光感度の偏波依存性を示すグラフである。これらの図 4 (a) ~ (c) 及び図 5 (a) ~ (c) のグラフにおいて、横軸は入射する光の波長 ( $\mu\text{m}$ )、縦軸は光検出器での s 波または p 波に対する受光感度 (dB) を示している。また、各グラフにおいて、実線は s 波に対する受光感度

を、また、破線は p 波に対する受光感度を示している。

【0046】

ここでは、光検出器の光入射面に SiON 膜からなる AR コートを設けた構成を想定し、AR コートの膜厚  $t$  及び屈折率  $n$  を変えたときの偏波受光感度の変化についてシミュレーションを行っている。また、光検出器の光入射面への光の入射角度は、 $15^\circ$  に設定している。

【0047】

なお、光検出器の屈折率は、通常、光導波路などの屈折率から大きく異なる。これに対して、必要に応じて AR コートを設けておけば、光検出器へと反射光が入射されるときに生じる余分な反射が抑制され、それによって生じる偏波依存性を抑制することができる。

【0048】

図 4 (a) ~ (c) に示すグラフは、AR コートの膜厚  $t$  を変えたときの偏波受光感度の変化を示している。また、屈折率  $n$  については、 $n = 1.80$  で一定としている。

【0049】

図 4 (a) は、波長  $1.53 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$  の光に対する受光感度の偏波依存性が最小になる最適条件として、AR コートの膜厚を  $t = 270 \text{ nm}$ 、屈折率を  $n = 1.80$  としたときの偏波受光感度の波長依存性を示すグラフである。この最適条件では、受光感度の偏波依存性は上記の波長帯域にわたって比較的小さくなっている。

【0050】

これに対して、図 4 (b) は、膜厚  $t$  を最適条件よりも  $15 \text{ nm}$  小さい  $255 \text{ nm}$  としたときの偏波受光感度の波長依存性を示すグラフである。また、図 4 (c) は、膜厚  $t$  を最適条件よりも  $15 \text{ nm}$  大きい  $285 \text{ nm}$  としたときの偏波受光感度の波長依存性を示すグラフである。このように、AR コートの膜厚  $t$  を最適条件からずらすことにより、受光感度の偏波依存性が大きくなっていることがわかる。

【0051】

図5 (a) ~ (c) に示すグラフは、ARコートの屈折率  $n$  を変えたときの偏波受光感度の変化を示している。また、膜厚  $t$  については、 $t = 270 \text{ nm}$  で一定としている。

【0052】

図5 (a) は、図4 (a) と同様に、波長  $1.53 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$  の光に対する受光感度の偏波依存性が最小になる最適条件として、ARコートの膜厚を  $t = 270 \text{ nm}$ 、屈折率を  $n = 1.80$  としたときの偏波受光感度の波長依存性を示すグラフである。この最適条件では、受光感度の偏波依存性は上記の波長帯域にわたって比較的小さくなっている。

【0053】

これに対して、図5 (b) は、屈折率  $n$  を最適条件よりも  $0.05$  小さい  $1.75$  としたときの偏波受光感度の波長依存性を示すグラフである。また、図5 (c) は、屈折率  $n$  を最適条件よりも  $0.05$  大きい  $1.85$  としたときの偏波受光感度の波長依存性を示すグラフである。このように、ARコートの屈折率  $n$  を最適条件からずらすことにより、膜厚  $t$  の場合と同様に、受光感度の偏波依存性が大きくなっていることがわかる。

【0054】

以上の図4 及び図5 の各グラフに示したように、光検出器の光入射面への入射角度が  $90^\circ$  から大きくずれた構成では、ARコートの膜厚  $t$  や屈折率  $n$  の最適条件からのずれなどによって光入射面を透過する光の偏波依存性が急激に大きくなり、光検出器での受光感度の偏波依存性が増大する。そして、このように光検出器での受光感度の偏波依存性が大きくなり、また、ARコートの膜厚  $t$  や屈折率  $n$  などの各条件に対して受光感度が不安定になると、光導波路を伝送されている信号光の光強度と、光検出器で検出される反射光の光強度との相関が信号光の偏波状態によって変化してしまい、信号光の光強度を正しくモニタすることができないこととなる。

【0055】

これに対して、図1 及び図2 に示した光導波路モジュールにおいては、平面導波路型光回路の上面側に配置される光検出器アレイ60を、光回路1に対して平



行にそのまま設置するのではなく、反射フィルタ4からの反射光が光検出器61<sub>n</sub>の光入射面63に対して所定角度で入射するように設置している。これにより、光入射面63を透過する光の偏波依存性が小さくなり、光検出器61<sub>n</sub>での反射光の受光感度の偏波依存性を低減することができる。

## 【0056】

図6は、光入射面での光の透過率のARコートの膜厚による変化を示すグラフである。図6(a)～(c)のグラフにおいて、横軸はARコートの膜厚( $\mu\text{m}$ )、縦軸は光入射面での光の透過率(dB)を示している。

## 【0057】

図6(a)～(c)に示すグラフは、波長 $1.55\mu\text{m}$ の光を光入射面に対して角度 $90^\circ$ で入射したときの光の透過率の膜厚による変化を示している。ここでは、平面導波路型光回路と光検出器との間の充填樹脂の屈折率を1.52としている。また、ARコートの屈折率 $n$ については、それぞれ(a)  $n=1.70$ 、(b)  $n=1.80$ 、(c)  $n=1.90$ としている。

## 【0058】

これらのグラフに示すように、各グラフにおいてARコートの膜厚に依存して光の透過率が変化するものの、光の入射角度を $90^\circ$ とした構成では、s波とp波とに対する光の透過率は一致する。すなわち、光検出器での受光感度の偏波依存性は原理的に発生しない。したがって、受光感度の偏波依存性を低減するためには、光検出器への光の入射角度を略直交する角度、または、 $90^\circ$ を含む所定の角度範囲内にある所定角度に設定することが好ましい。

## 【0059】

ここで、光検出器への光の入射角度 $\phi$ を $90^\circ$ にした場合、光入射面からの反射戻り光が問題となる場合がある。この場合には、反射戻り光が十分に低減され、かつ、光の透過率の偏波依存性が無視できる角度範囲で光検出器への入射角度を設定することが好ましい。

## 【0060】

図7は、光入射面での光の透過率の偏波依存性のARコートの膜厚による変化を示すグラフである。図7(a)～(c)のグラフにおいて、横軸はARコート

の膜厚 ( $\mu\text{m}$ )、縦軸は光の透過率の偏波依存性である s 波と p 波との透過率の差 (dB) を示している。

## 【 0 0 6 1 】

図 7 (a) ~ (c) に示すグラフは、波長  $1.55 \mu\text{m}$  の光を光入射面に対して角度  $80^\circ$  で入射したときの偏波依存性の膜厚による変化を示している。ここで、AR コートの屈折率  $n$  については、それぞれ (a)  $n = 1.75$ 、(b)  $n = 1.80$ 、(c)  $n = 1.85$  としている。

## 【 0 0 6 2 】

これらのグラフに示すように、入射角度を  $80^\circ$  とした場合には、 $90^\circ$  から若干ずれた角度となっているものの、AR コートの膜厚  $t$  及び屈折率  $n$  にかかわらず、光の透過率の偏波依存性及びその変化は小さい。このことより、反射戻り光が十分に低減され、かつ、光の透過率の偏波依存性が無視できる角度範囲での光検出器への入射角度としては、 $80^\circ$  またはその前後の角度が好適である。ただし、反射戻り光が問題にならない場合には、 $90^\circ$  前後の入射角度としても良い。

## 【 0 0 6 3 】

なお、図 1 に示した光導波路モジュールの構成においては、光導波路  $2_n$  を伝送されている信号光の一部を光検出器  $61_n$  へと反射する反射フィルタ 4 としては、各直交偏波間での反射率の差が補償されて、各偏波状態の信号光成分がほぼ等しい反射率で反射される反射フィルタを用いることが好ましい。これにより、反射フィルタによる信号光の反射率が、光導波路  $2_n$  を伝送されている信号光の偏波状態によらず略一定となる。このような各偏波状態の信号光成分に対する反射率の設定は、例えば、誘電体多層膜フィルタを構成する各層の誘電体材料やその組み合わせ、各層の膜厚等によって行われる。

## 【 0 0 6 4 】

また、図 1 に示した光導波路モジュールでは、溝 3 の内側及び上側の所定範囲を充填樹脂 5 で封止することによって、反射フィルタ 4 と光検出器アレイ 60 との間の空間に樹脂を充填している。これにより、溝 3 の端面や反射フィルタ 4、光検出器アレイ 60 の光入射面 63 などが外気に触れることがなく、端面等の汚

染による長期的な安定性の劣化が防止される。

【0065】

このとき、充填樹脂5として光導波路 $2_n$ のコアと略同一の屈折率を有する樹脂材料を用いれば、光導波路 $2_n$ 及び充填樹脂5の界面等における余分な反射が抑制される。ただし、このような充填樹脂5については、不要であれば設けない構成としても良く、あるいは、溝3の内側のみに樹脂を充填する構成としても良い。

【0066】

また、光検出器の光入射面に対して反射フィルタからの反射光を所定角度で入射させる構成としては、図8に示すように、サブマウント基板上で光検出器を傾けて設置する構成を用いても良い。ただし、反射フィルタと光検出器との間の距離の点から考えると、図2に示すような構造を有するサブマウント基板70を用いる構成とすることが好ましい。

【0067】

すなわち、図8に示すようにサブマウント基板上で光検出器を傾けて設置する構成では、反射フィルタにおける信号光の反射位置と、光検出器での反射光の検出位置との間の距離が長くなる。この場合、反射フィルタから光検出器までの間での反射光の広がりが大きくなり、光検出器による反射光の受光感度や隣接するチャンネル間でのクロストークなどの検出特性が劣化する。

【0068】

例えば、サブマウント基板の厚みを $a = 125 \mu\text{m}$ （図8参照）、平面導波路型光回路でのコア中心から上面までの厚み（上部クラッドの厚み）を $b = 30 \mu\text{m}$ 、反射フィルタの傾き角度を $\theta = 15^\circ$ とする。このとき、図3のように光検出器を平行に配置した場合には、反射位置・検出位置間の距離は $710 \mu\text{m}$ となる。一方、図8のように光検出器を傾けて配置した場合には、反射位置・検出位置間の距離は $1310 \mu\text{m}$ と平行配置の場合に比べて長くなり、光検出器による反射光の検出特性が劣化する。具体的には、図8に示した構成では、光検出器による反射光の受光感度は、約 $10 \text{ dB}$ 劣化する。また、隣接するチャンネル間でのクロストークは、約 $3 \text{ dB}$ 劣化する。

## 【0069】

これに対して、図2のようにサブマウント基板70を用いて光検出器アレイ60を傾けて配置した構成によれば、同様の条件において、反射位置・検出位置間の距離は $610\mu\text{m}$ となり、サブマウント基板上に平行に配置した場合よりも距離が短くなる。したがって、受光感度の偏波依存性の低減に加えて、受光感度やクロストークなどの反射光の検出特性も向上される。ただし、反射位置・検出位置間の距離による検出特性の劣化が問題にならない程度であれば、図8に示したような構成を用いても良い。

## 【0070】

図9は、光導波路モジュールの第2実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、第1実施形態と同様に、基板10、及び基板10上に形成された平面導波路型の8本の光導波路 $2_1\sim 2_8$ を有して構成される平面導波路型光回路1を備えている。

## 【0071】

光導波路 $2_1\sim 2_8$ のそれぞれは、所定の光伝送方向（図9中の矢印の方向）に沿って、平面導波路型光回路1の入力端11から出力端12に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、平面導波路型光回路1の光伝送方向に対する所定部位に、光導波路 $2_1\sim 2_8$ を横切る溝3が設けられている。

## 【0072】

この溝3には、その内側に、各光導波路 $2_1\sim 2_8$ を伝送される信号光の一部を所定の反射率によって反射するための反射フィルタ4が設置されている。本実施形態においては、溝3の内側は、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも上流側の位置で平面導波路型光回路1の上面側には、サブマウント基板75が設置されるとともに、充填樹脂5及びサブマウント基板75の上方には、光検出器アレイ65が設置されている。この光検出器アレイ65は、平面導波路型光回路1での8本の光導波路 $2_1\sim 2_8$ にそれぞれ対応した8個の光検出器 $66_1\sim 66_8$ を有している。

## 【0073】

なお、図9においては、光検出器 $66_1\sim 66_8$ について、それぞれの受光面の

形状を点線で図示している。また、サブマウント基板 75 の上面には、図 9 中に模式的に示されているように、光検出器  $66_1 \sim 66_8$  からの光検出信号を読み出すための配線や電極等が形成されている。

#### 【0074】

図 10 は、図 9 に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路  $2_n$  ( $n = 1 \sim 8$ ) の光軸方向に沿って示す断面図である。なお、この図 10 においては、溝 3、反射フィルタ 4、及び光検出器アレイ 65 を含む部分を拡大して示してある。また、図 10 に示した構成のうち、下部クラッド 22、コア 20、上部クラッド 21 からなる光導波路  $2_n$  を含む平面導波路型光回路 1、溝 3、反射フィルタ 4、及び充填樹脂 5 については、図 2 に示した構成と同様である。

#### 【0075】

平面導波路型光回路 1 の上部クラッド 21 の上面側には、サブマウント基板 75 が設置されている。このサブマウント基板 75 は、光検出器アレイ 65 を載置するための載置部材であり、その一方の面が、各光導波路  $2_n$  にそれぞれ対応した光検出器  $66_n$  ( $n = 1 \sim 8$ ) を有する光検出器アレイ 65 を載置する光検出器載置面 76 となっている。光検出器アレイ 65 は、光導波路  $2_n$  を伝送される信号光の一部が反射フィルタ 4 で反射された反射光がそれぞれ対応する光検出器  $66_n$  の受光部 67 へと入射されるように、光検出器載置面 76 及び上部充填樹脂部 52 の上面上に配置されている。

#### 【0076】

サブマウント基板 75 は、光検出器載置面 76 と対向する面を介して、平面導波路型光回路 1 の上面に光回路 1 に対して平行に固定されている。これにより、光検出器載置面 76 上に載置されている光検出器アレイ 65 は、サブマウント基板 75 と同様に光回路 1 に対して平行に配置される構成となっている。

#### 【0077】

図 10 に示した構成例では、光検出器アレイ 65 の光検出器  $66_n$  として裏面入射型のフォトダイオードが用いられており、サブマウント基板 75 及び上部充填樹脂部 52 側で、光検出器  $66_n$  の受光部 67 が設けられている表面に対向する光検出器アレイ 65 の裏面が、反射フィルタ 4 からの反射光に対する光入射面

68となっている。

【0078】

また、光検出器66<sub>n</sub>の光入射面68には、光導波路2<sub>n</sub>を伝送されている信号光の波長帯域に対応する所定の波長帯域内にある光の反射を防止するコート膜である反射防止コート（ARコート）が設けられている。

【0079】

また、サブマウント基板75の光検出器載置面76と隣接する下流側側面は、平面導波路型光回路1の上面に対して所定角度で斜めに形成されるとともに、その面上に反射ミラー77が設けられている。この反射ミラー77は、反射フィルタ4からの反射光の光路を、光検出器66<sub>n</sub>の光入射面68に対して所定角度で入射される光路へと変更する光路変更手段である。

【0080】

以上の構成において、光導波路2<sub>n</sub>を伝送されてきた信号光が、上流側端面31を介して溝3内の内部充填樹脂部51へと出射されると、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ4によって、所定の反射率で平面導波路型光回路1の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部51及び反射フィルタ4を透過して、下流側端面32を介して再び光導波路2<sub>n</sub>へと入射される。

【0081】

一方、反射フィルタ4によって反射された反射光は、内部充填樹脂部51、光導波路2<sub>n</sub>、及び上部充填樹脂部52を通過した後、サブマウント基板75の面上に形成された反射ミラー77で反射されることによって光路が変更される。反射ミラー77で光路が変更された反射光は、上部充填樹脂部52を介して光検出器アレイ65に到達し、光入射面68から光検出器66<sub>n</sub>へと所定の入射角度 $\phi$ で入射される。そして、光検出器66<sub>n</sub>の受光部67で検出された反射光の光強度から、光導波路2<sub>n</sub>を伝送されている信号光の光強度がモニタされる。

【0082】

本実施形態の光導波路モジュールの効果について説明する。

【0083】

図9及び図10に示した光導波路モジュールにおいては、図1及び図2に示した光導波路モジュールと同様に、光カプラによって光導波路を分岐するのではなく、光導波路 $2_n$ 上に設けられた斜めの溝3に設置した反射フィルタ4によって信号光の一部を反射させ、その反射光によって信号光の光強度をモニタすることが可能な構成としている。これにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。

## 【0084】

また、反射フィルタ4からの反射光が、光検出器アレイ65の光検出器 $66_n$ の光入射面68に対して所定角度で入射する構成としている。このとき、光入射面68を透過する光の偏波依存性が低減されるので、光検出器 $66_n$ での反射光の受光感度を信号光の偏波状態によらず略一定とすることができる。これにより、信号光の偏波状態にかかわらず光強度を正しくモニタすることが可能となる。なお、光検出器 $66_n$ の光入射面68に対する反射光の入射角度 $\phi$ の設定については、第1実施形態に関して上述した通りである。

## 【0085】

また、図9に示した光導波路モジュールにおいては、光検出器 $66_n$ の光入射面68に対して反射光を所定角度で入射させる構成として、サブマウント基板75の所定の面上に光路変更手段である反射ミラー77を形成し、反射フィルタ4からの反射光を反射ミラー77で反射して光路を変更する構成を用いている。

## 【0086】

このような光路変更手段を用いて反射光の光路自体を変更することにより、平面導波路型光回路1の上面に対して光検出器 $66_n$ を含む光検出器アレイ65を傾けて設置することなく、反射光の光路と、光検出器 $66_n$ の光入射面68とが所定角度をなす構成を実現することができる。

## 【0087】

また、光路変更手段を用いる構成では、反射フィルタ4から光検出器 $66_n$ までの距離を短縮することができる。これにより、光検出器 $66_n$ での受光感度やクロストークなどの検出特性が向上される。

## 【0088】

例えば、サブマウント基板の厚みを  $a = 125 \mu\text{m}$  (図 8 参照)、平面導波路型光回路でのコア中心から上面までの厚み(上部クラッドの厚み)を  $b = 30 \mu\text{m}$ 、反射フィルタの傾き角度を  $\theta = 15^\circ$  とし、また、入射角度  $\phi$  を  $90^\circ$  (反射ミラー 77 が平面導波路型光回路 1 の上面となす角度は約  $30^\circ$ ) とする。このとき、図 10 のように光路変更手段である反射ミラー 77 を設けた構成によれば、反射フィルタ 4 における信号光の反射位置と、光検出器 66<sub>n</sub> での反射光の検出位置との間の距離は  $430 \mu\text{m}$  となり、図 3 及び図 8 に示した構成などに比べて距離が短くなる。したがって、受光感度の偏波依存性の低減に加えて、受光感度やクロストークなどの反射光の検出特性も向上される。

【0089】

なお、サブマウント基板 75 の所定の面上に設けられる反射ミラー 77 については、光の入射角度に応じた全反射コーティングを施した全反射ミラーであることが好ましい。この場合、光検出器 66<sub>n</sub> へと入射される反射光の偏波依存性をさらに低減することができる。また、光路変更手段としては、載置部材であるサブマウント基板の面上に形成した反射ミラー以外の手段を用いても良い。

【0090】

図 11 は、光導波路モジュールの第 3 実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、第 1 実施形態と同様に、基板 10、及び基板 10 上に形成された平面導波路型の 8 本の光導波路 2<sub>1</sub> ~ 2<sub>8</sub> を有して構成される平面導波路型光回路 1 を備えている。

【0091】

光導波路 2<sub>1</sub> ~ 2<sub>8</sub> のそれぞれは、所定の光伝送方向(図 11 中の矢印の方向)に沿って、平面導波路型光回路 1 の入力端 11 から出力端 12 に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、平面導波路型光回路 1 の光伝送方向に対する所定部位に、光導波路 2<sub>1</sub> ~ 2<sub>8</sub> を横切る溝 3 が設けられている。

【0092】

この溝 3 には、その内側に、各光導波路 2<sub>1</sub> ~ 2<sub>8</sub> を伝送される信号光の一部を所定の反射率によって反射するための反射フィルタ 4 が設置されている。本実施形態においては、溝 3 の内側は、充填樹脂 5 によって封止されている。また、溝



3 よりも上流側の位置で平面導波路型光回路 1 の上面側には、光検出器アレイ 8 0 が設置されている。この光検出器アレイ 8 0 は、平面導波路型光回路 1 での 8 本の光導波路  $2_1 \sim 2_8$  にそれぞれ対応した 8 個の光検出器  $81_1 \sim 81_8$  を有している。

#### 【0093】

なお、図 1 1 においては、光検出器  $81_1 \sim 81_8$  について、それぞれの受光面の形状を点線で図示している。

#### 【0094】

図 1 2 は、図 1 1 に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路  $2_n$  ( $n = 1 \sim 8$ ) の光軸方向に沿って示す断面図である。なお、この図 1 2 においては、溝 3、反射フィルタ 4、及び光検出器アレイ 8 0 を含む部分を拡大して示してある。また、図 1 2 に示した構成のうち、下部クラッド 2 2、コア 2 0、上部クラッド 2 1 からなる光導波路  $2_n$  を含む平面導波路型光回路 1、溝 3、反射フィルタ 4、及び充填樹脂 5 については、図 2 に示した構成と同様である。

#### 【0095】

平面導波路型光回路 1 の上部クラッド 2 1 の上面側には、各光導波路  $2_n$  にそれぞれ対応した光検出器  $81_n$  ( $n = 1 \sim 8$ ) を有する光検出器アレイ 8 0 が設置されている。光検出器アレイ 8 0 は、光導波路  $2_n$  を伝送される信号光の一部が反射フィルタ 4 で反射された反射光がそれぞれ対応する光検出器  $81_n$  の受光部 8 2 へと入射されるように、平面導波路型光回路 1 の上面上に配置されている。

#### 【0096】

図 1 2 に示した構成例では、光検出器アレイ 8 0 の光検出器  $81_n$  として裏面入射型のフォトダイオードが用いられており、平面導波路型光回路 1 とは反対側である光検出器アレイ 8 0 の表面に光検出器  $81_n$  の受光部 8 2 が設けられている。また、光検出器アレイ 8 0 の下流側側面のうち、平面導波路型光回路 1 側で裏面近傍の面部分は、平面導波路型光回路 1 の上面に対して、角度  $\beta$  ( $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ) で斜めに形成されており、この面部分が、反射フィルタ 4 からの反射光に対する光入射面 8 3 となっている。角度  $\beta$  は、図 1 2 に示すように、反射フ

フィルタ 4 からの反射光が光検出器 8 1<sub>n</sub> の光入射面 8 3 に対して所定の角度  $\phi$  で入射されるように設定されている。

## 【 0 0 9 7 】

また、光検出器 8 1<sub>n</sub> の光入射面 8 3 には、光導波路 2<sub>n</sub> を伝送されている信号光の波長帯域に対応する所定の波長帯域内にある光の反射を防止するコート膜である反射防止コート（AR コート）が設けられている。

## 【 0 0 9 8 】

以上の構成において、光導波路 2<sub>n</sub> を伝送されてきた信号光が、上流側端面 3 1 を介して溝 3 内の内部充填樹脂部 5 1 へと出射されると、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ 4 によって、所定の反射率で平面導波路型光回路 1 の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部 5 1 及び反射フィルタ 4 を透過して、下流側端面 3 2 を介して再び光導波路 2<sub>n</sub> へと入射される。

## 【 0 0 9 9 】

一方、反射フィルタ 4 によって反射された反射光は、内部充填樹脂部 5 1、光導波路 2<sub>n</sub>、及び上部充填樹脂部 5 2 を介して光検出器アレイ 8 0 に到達し、光入射面 8 3 から光検出器 8 1<sub>n</sub> へと所定の入射角度  $\phi$  で入射される。そして、光検出器 8 1<sub>n</sub> の受光部 8 2 で検出された反射光の光強度から、光導波路 2<sub>n</sub> を伝送されている信号光の光強度がモニタされる。

## 【 0 1 0 0 】

本実施形態の光導波路モジュールの効果について説明する。

## 【 0 1 0 1 】

図 1 1 及び図 1 2 に示した光導波路モジュールにおいては、図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールと同様に、光カプラによって光導波路を分岐するのではなく、光導波路 2<sub>n</sub> 上に設けられた斜めの溝 3 に設置した反射フィルタ 4 によって信号光の一部を反射させ、その反射光によって信号光の光強度をモニタすることが可能な構成としている。これにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。

## 【 0 1 0 2 】

また、反射フィルタ 4 からの反射光が、光検出器アレイ 8 0 の光検出器  $81_n$  の光入射面 8 3 に対して所定角度で入射する構成としている。このとき、光入射面 8 3 を透過する光の偏波依存性が低減されるので、光検出器  $81_n$  での反射光の受光感度を信号光の偏波状態によらず略一定とすることができる。これにより、信号光の偏波状態にかかわらず光強度を正しくモニタすることが可能となる。なお、光検出器  $81_n$  の光入射面 8 3 に対する反射光の入射角度  $\phi$  の設定については、第 1 実施形態に関して上述した通りである。

## 【 0 1 0 3 】

また、図 1 1 に示した光導波路モジュールにおいては、光検出器  $81_n$  の光入射面 8 3 に対して反射光を所定角度で入射させる構成として、光検出器アレイ 8 0 を平面導波路型光回路 1 の上面上に設置するとともに、その光入射面 8 3 を平面導波路型光回路 1 の上面に対して角度  $\beta$  ( $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ) で斜めとして形成する構成を用いている。

## 【 0 1 0 4 】

このように、光検出器  $81_n$  の光入射面 8 3 を傾けた構成とすることにより、少ない部品点数で、反射光の光路と、光検出器  $81_n$  の光入射面 8 3 とが所定角度をなす構成を実現することができる。また、部品点数が少なくなることにより、その製造工程が簡単化される。

## 【 0 1 0 5 】

また、光入射面を傾ける構成では、反射フィルタ 4 から光検出器  $81_n$  までの距離を短縮することができる。これにより、光検出器  $81_n$  での受光感度やクロストークなどの検出特性が向上される。

## 【 0 1 0 6 】

例えば、平面導波路型光回路でのコア中心から上面までの厚み（上部クラッドの厚み）を  $b = 30 \mu\text{m}$ （図 8 参照）、光検出器アレイ 8 0 の厚みを  $200 \mu\text{m}$ 、反射フィルタの傾き角度を  $\theta = 15^\circ$  とする。このとき、図 1 2 のように光検出器アレイ 8 0 の光入射面 8 3 を傾けた構成によれば、反射フィルタ 4 における信号光の反射位置と、光検出器  $81_n$  での反射光の検出位置との距離は  $460 \mu\text{m}$  となり、図 3 及び図 8 に示した構成などに比べて距離が短くなる。したがって

、受光感度の偏波依存性の低減に加えて、受光感度やクロストークなどの反射光の検出特性も向上される。

## 【0107】

なお、光検出器 $81_n$ の受光部 $82$ については、反射光の光路からみて光入射面 $83$ に対して対向する位置に設けられていることが好ましい。これにより、光入射面 $83$ から入射される反射フィルタ $4$ からの反射光を効率良く検出することができる。

## 【0108】

図13は、光導波路モジュールの第4実施形態の断面構造を、光導波路 $2_n$  ( $n=1\sim 8$ )の光軸方向に沿って示す断面図である。なお、この図13においては、溝 $3$ 、反射フィルタ $4$ 、及び光検出器アレイ $85$ を含む部分を拡大して示してある。また、図13に示した構成のうち、下部クラッド $22$ 、コア $20$ 、上部クラッド $21$ からなる光導波路 $2_n$ を含む平面導波路型光回路 $1$ 、溝 $3$ 、反射フィルタ $4$ 、及び充填樹脂 $5$ については、図2に示した構成と同様である。

## 【0109】

本実施形態による光導波路モジュールは、図1及び図2に示した第1実施形態とほぼ同様の構成を有している。このため、本実施形態については、平面図の図示を省略している。具体的には、本実施形態による光導波路モジュールは、第1実施形態とはサブマウント基板の構成等が異なっている。

## 【0110】

平面導波路型光回路 $1$ の上部クラッド $21$ の上面側には、サブマウント基板 $90$ が設置されている。このサブマウント基板 $90$ は、光検出器アレイ $85$ を載置するための載置部材であり、その一方の面が、各光導波路 $2_n$ にそれぞれ対応した光検出器 $86_n$  ( $n=1\sim 8$ )を有する光検出器アレイ $85$ を載置する光検出器載置面 $91$ となっている。光検出器アレイ $85$ は、光導波路 $2_n$ を伝送される信号光の一部が反射フィルタ $4$ で反射された反射光がそれぞれ対応する光検出器 $86_n$ の受光部 $87$ へと入射されるように、光検出器載置面 $91$ 上に配置されている。

## 【0111】

サブマウント基板 90 は、光検出器載置面 91 と隣接する下面である基板固定面 92 を介して、平面導波路型光回路 1 の上面に固定されている。また、基板固定面 92 は、光検出器載置面 91 に対して  $90^\circ$  より大きい角度をなすように形成されている。これにより、光検出器載置面 91 は、平面導波路型光回路 1 の上面に対して角度  $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) で斜めとなっている。この角度  $\alpha$  は、反射フィルタ 4 からの反射光の光路を参照して設定される。

## 【0112】

図 13 に示した構成例では、光検出器アレイ 85 の光検出器  $86_n$  として表面入射型のフォトダイオードが用いられており、サブマウント基板 90 とは反対側で光検出器  $86_n$  の受光部 87 が設けられている光検出器アレイ 85 の表面が、反射フィルタ 4 からの反射光に対する光入射面 88 となっている。そして、光検出器載置面 91 と平面導波路型光回路 1 の上面とがなす角度  $\alpha$  は、図 13 に示すように、反射フィルタ 4 からの反射光が光検出器  $86_n$  の光入射面 88 に対して所定角度（図 13 中に示す角度  $\phi$ ）で入射されるように設定されている。

## 【0113】

また、光検出器  $86_n$  の光入射面 88 には、光導波路  $2_n$  を伝送されている信号光の波長帯域に対応する所定の波長帯域内にある光の反射を防止するコート膜である反射防止コート（AR コート）が設けられている。

## 【0114】

図 14 (a) 及び (b) は、図 13 に示した光導波路モジュールにおけるサブマウント基板 90 及び光検出器アレイ 85 の構成を示す (a) 下流側からみた側面図、及び (b) 上面図である。

## 【0115】

本実施形態においては、図 13 及び図 14 に示すように、光検出器載置面 91 と隣接するとともに、基板固定面 92 及び平面導波路型光回路 1 の上面に対して平行なサブマウント基板 90 の上面が、配線面 93 となっている。そして、この配線面 93 上、及び光検出器アレイ 85 が載置されている光検出器載置面 91 上には、光検出器載置面 91 から配線面 93 へと伸びる（図 13 参照）8本の配線  $95_1 \sim 95_8$  が設けられている。

## 【0116】

これらの配線  $95_1 \sim 95_8$  のそれぞれは、図14(a)に示すように、光検出器アレイ85の8個の光検出器  $86_1 \sim 86_8$  での対応する光検出器に対して電氣的に接続されている。これにより、配線  $95_n$  ( $n=1 \sim 8$ ) は、光検出器  $86_n$  からの光検出信号を読み出すための信号ラインとして用いることが可能な構成となっている。

## 【0117】

本実施形態の光導波路モジュールの効果について説明する。

## 【0118】

図13及び図14に示した光導波路モジュールにおいては、図1及び図2に示した光導波路モジュールの構成に加えて、光検出器アレイ85を載置するサブマウント基板90上に、光検出器  $86_1 \sim 86_8$  からの光検出信号を読み出すための立体的な配線  $95_1 \sim 95_8$  を設けている。

## 【0119】

通常、光検出器であるフォトダイオードからの光検出信号を読み出すには、フォトダイオードのアノード電極と、配線基板やリードフレームなどに設けられた対応する配線との間でワイヤリングを行って、電極及び配線を電氣的に接続する必要がある。ここで、図1及び図2に示した光導波路モジュールのように光検出器アレイが平面導波路型光回路に対して斜めに設置されていると、光検出器アレイの電極が設けられている表面が、平面導波路型光回路に平行な配線基板等の配線面に対して斜めとなる。このとき、電極及び配線のためのワイヤリングが困難になる場合がある。

## 【0120】

これに対して、本実施形態の光導波路モジュールでは、平面導波路型光回路1の上面に対して平行なサブマウント基板90の上面を配線面93とし、光検出器載置面91から配線面93へと伸びる光検出器  $86_1 \sim 86_8$  からの光検出信号読み出し用の配線  $95_1 \sim 95_8$  を設けている。

## 【0121】

このような構成によれば、配線  $95_n$  の光検出器載置面91上の配線部分を光

検出器 86<sub>n</sub>との接続に用いるとともに、配線基板等に平行な配線面 93 上の配線部分を外部配線とのワイヤリングに用いることができる。これにより、フォトダイオードのアノード電極と、配線基板やリードフレームなどに設けられた対応する配線との間などでのワイヤリングを良好に行うことが可能となる。また、その製造時において、ワイヤボンディングなどの作業が容易となる。

#### 【0122】

本発明による光導波路モジュールは、上記した実施形態に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば上記した各実施形態では、平面導波路型光回路での光導波路としてN本（Nは複数、図1では8本）の光導波路を設けるとともに、光検出器として、N本の光導波路にそれぞれ対応するN個の光検出器を有する光検出器アレイを用いている。これにより、N本の光導波路のそれぞれを伝送されるNチャンネルの信号光の光強度を、信号光それぞれの偏波状態にかかわらず正しくモニタすることが可能となる。ただし、平面導波路型光回路での光導波路が1チャンネルの場合でも、同様に上記した光導波路モジュールの構成を適用することができる。

#### 【0123】

##### 【発明の効果】

本発明による光導波路モジュールは、以上詳細に説明したように、次のような効果を得る。すなわち、光導波路を横切る斜めの溝の内側に設置された反射フィルタによって信号光の一部を反射して光強度のモニタに用いるとともに、反射フィルタからの反射光を、光検出器の光入射面に対して所定角度で入射させる構成の光導波路モジュールによれば、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。また、光入射面を透過する光の偏波依存性が低減されるので、光検出器での反射光の受光感度を信号光の偏波状態によらず略一定とすることができる。これにより、信号光の偏波状態にかかわらず光強度を正しくモニタすることが可能となる。

#### 【0124】

このような光導波路モジュールは、光ファイバや光平面導波路からなる光回路中に挿入される信号光強度モニタとして適用することが可能である。あるいは、光合波器、光分波器、光減衰器などの平面導波路型光回路の所定部位に設けるこ

とによって、光回路中で信号光強度をモニタする構成とすることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

光導波路モジュールの第 1 実施形態の構成を示す平面図である。

【図 2】

図 1 に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。

【図 3】

光導波路モジュールの構成の一例を示す断面図である。

【図 4】

光検出器での受光感度の偏波依存性を示すグラフである。

【図 5】

光検出器での受光感度の偏波依存性を示すグラフである。

【図 6】

光入射面での光の透過率の A R コートの膜厚による変化を示すグラフである。

【図 7】

光入射面での光の透過率の偏波依存性の A R コートの膜厚による変化を示すグラフである。

【図 8】

光導波路モジュールの構成の他の例を示す断面図である。

【図 9】

光導波路モジュールの第 2 実施形態の構成を示す平面図である。

【図 1 0】

図 9 に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。

【図 1 1】

光導波路モジュールの第 3 実施形態の構成を示す平面図である。

【図 1 2】

図 1 1 に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示



す断面図である。

【図 1 3】

光導波路モジュールの第 4 実施形態の光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。

【図 1 4】

図 1 3 に示した光導波路モジュールにおけるサブマウント基板及び光検出器アレイの構成を示す (a) 下流側からみた側面図、及び (b) 上面図である。

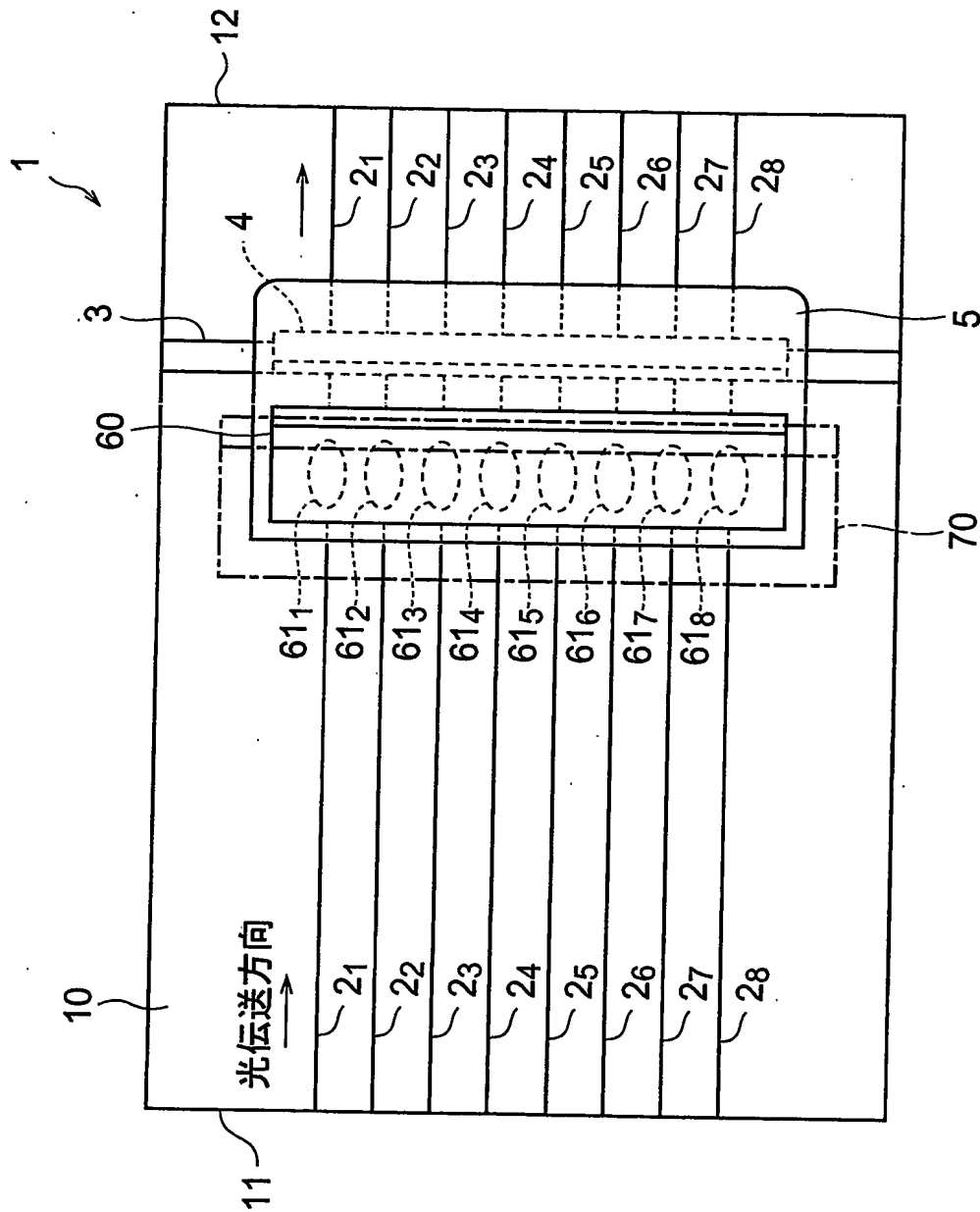
【符号の説明】

1 … 平面導波路型光回路、1 0 … 基板、1 1 … 入力端、1 2 … 出力端、2<sub>n</sub> … 光導波路、2 0 … コア、2 1 … 上部クラッド、2 2 … 下部クラッド、3 … 溝、3 1 … 上流側端面、3 2 … 下流側端面、4 … 反射フィルタ、5 … 充填樹脂、5 1 … 内部充填樹脂部、5 2 … 上部充填樹脂部、6 0、6 5、8 0、8 5 … 光検出器アレイ、6 1<sub>n</sub>、6 6<sub>n</sub>、8 1<sub>n</sub>、8 6<sub>n</sub> … 光検出器、6 2、6 7、8 2、8 7 … 受光部、6 3、6 8、8 3、8 8 … 光入射面、7 0、7 5、9 0 … サブマウント基板、7 1、7 6、9 1 … 光検出器載置面、7 2、9 2 … 基板固定面、7 7 … 反射ミラー、9 3 … 配線面、9 5<sub>n</sub> … 配線。

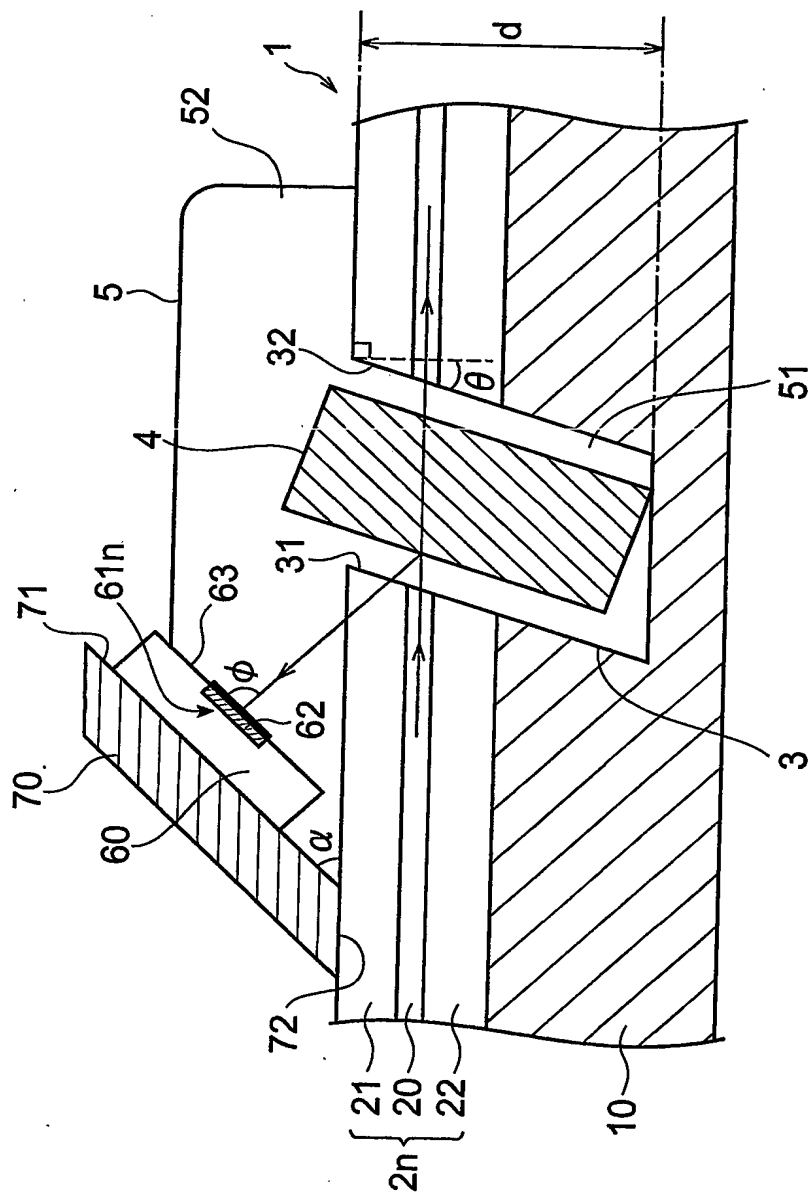
【書類名】

図面

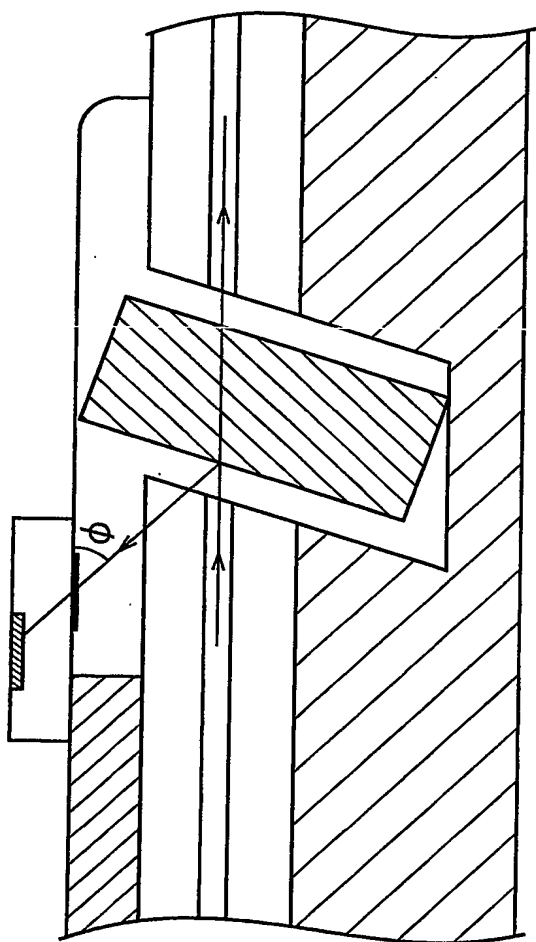
【図1】



【図 2】

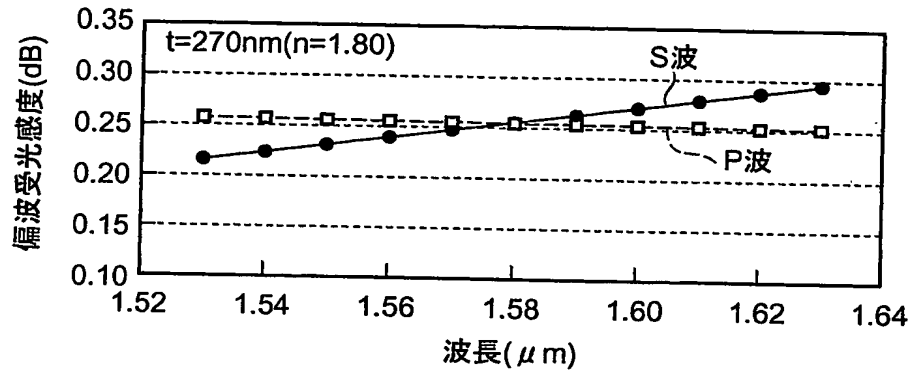


【図3】

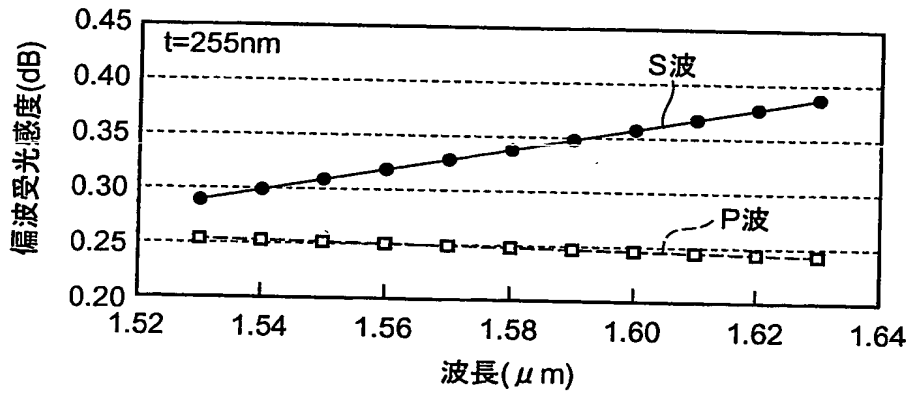


【図 4】

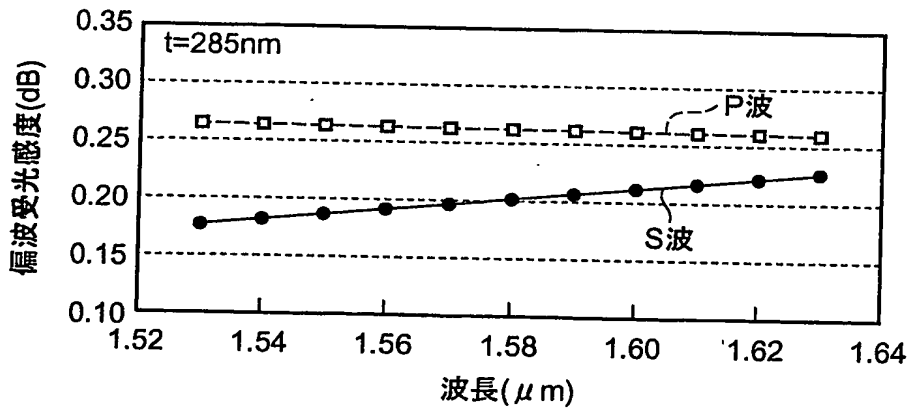
(a)



(b)

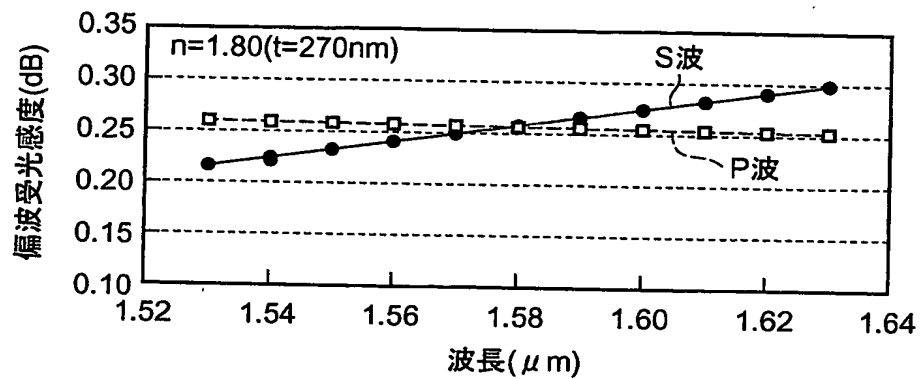


(c)

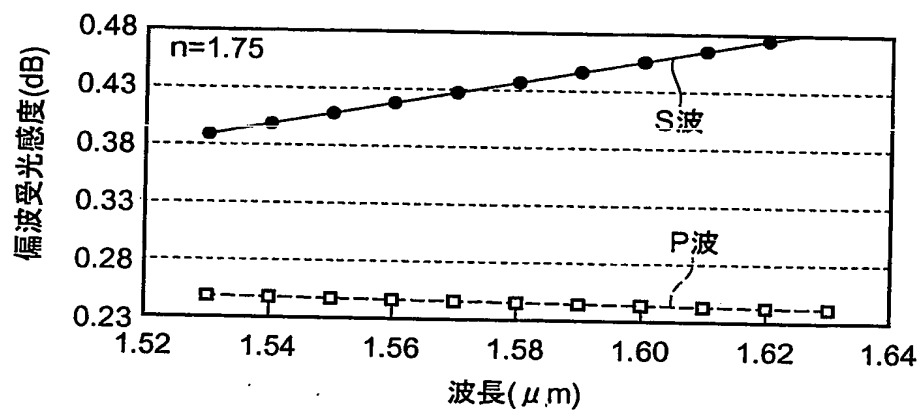


【図5】

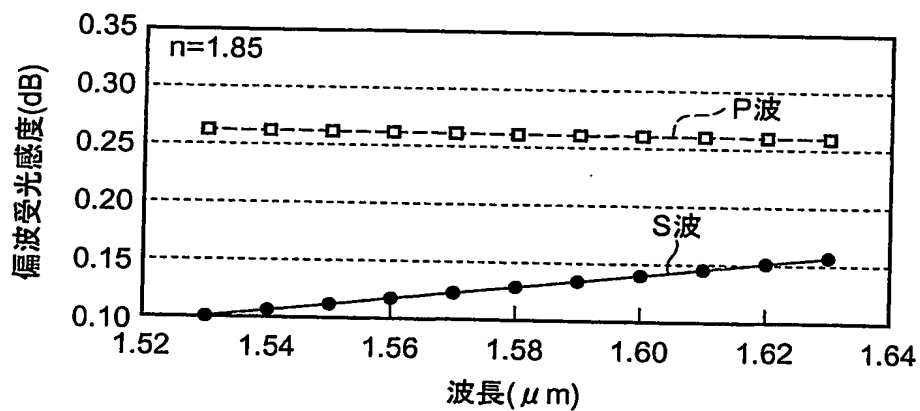
(a)



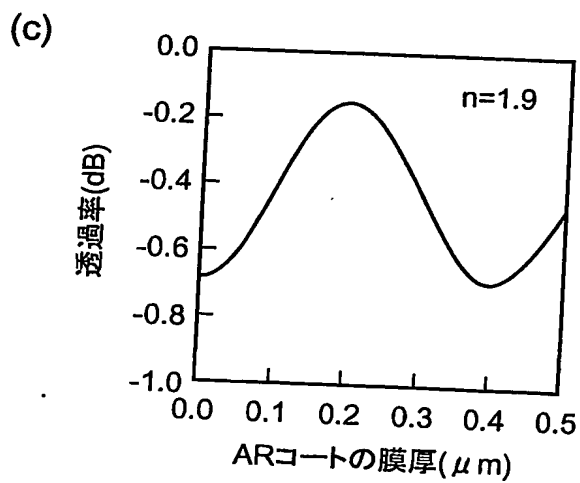
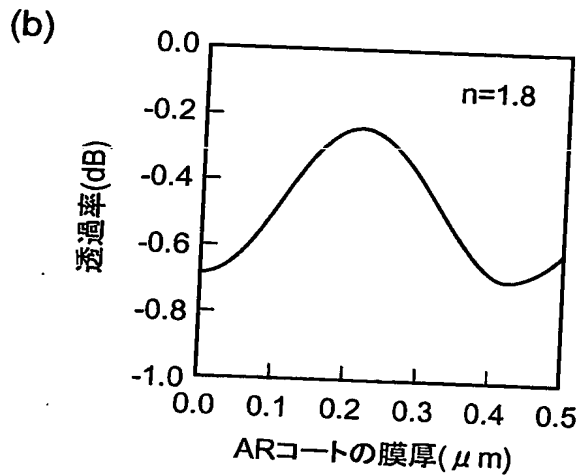
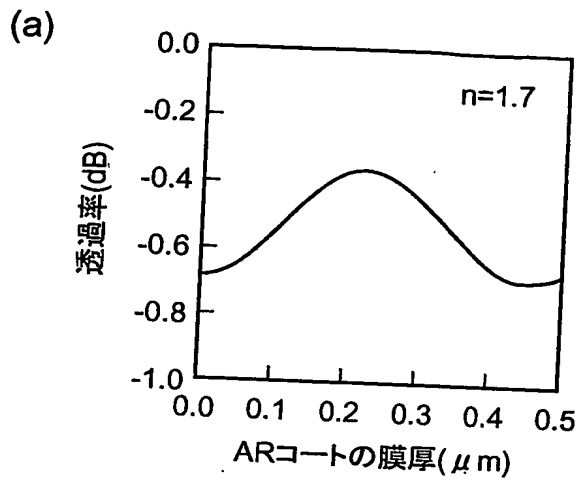
(b)



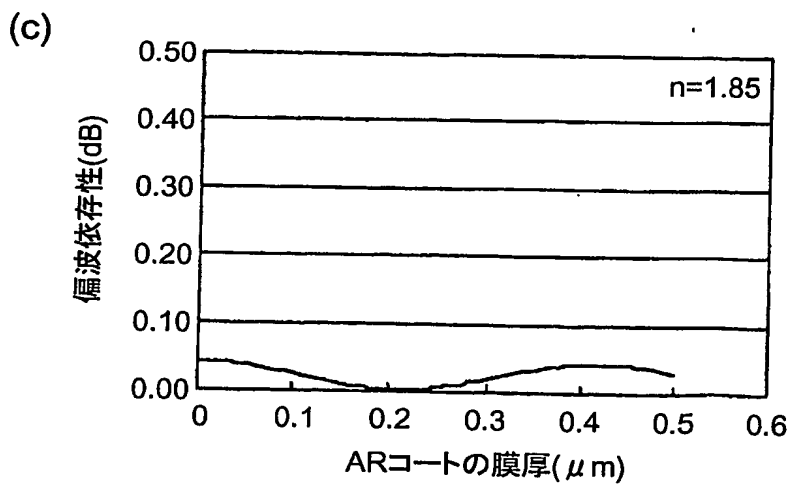
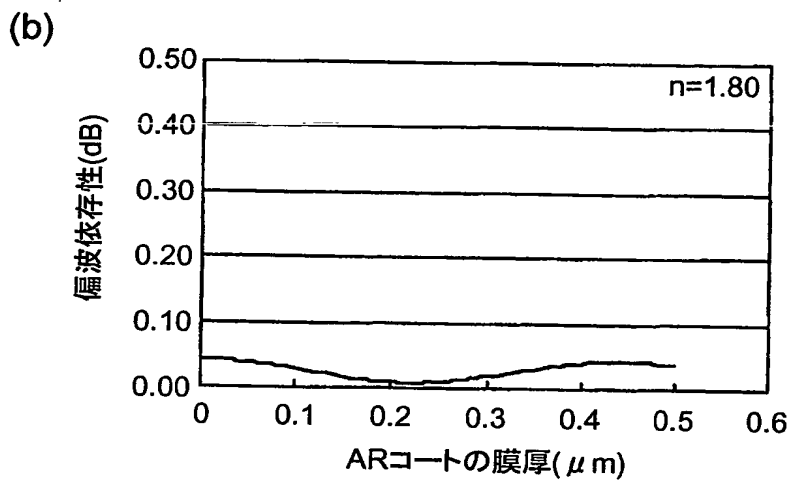
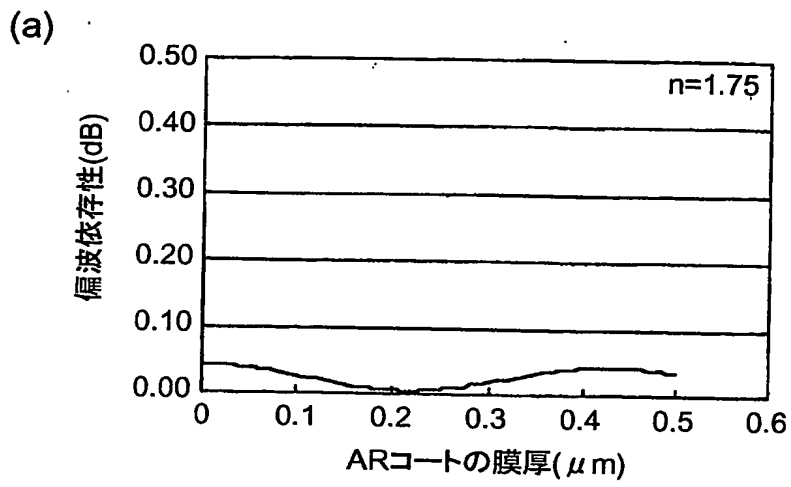
(c)



【図6】

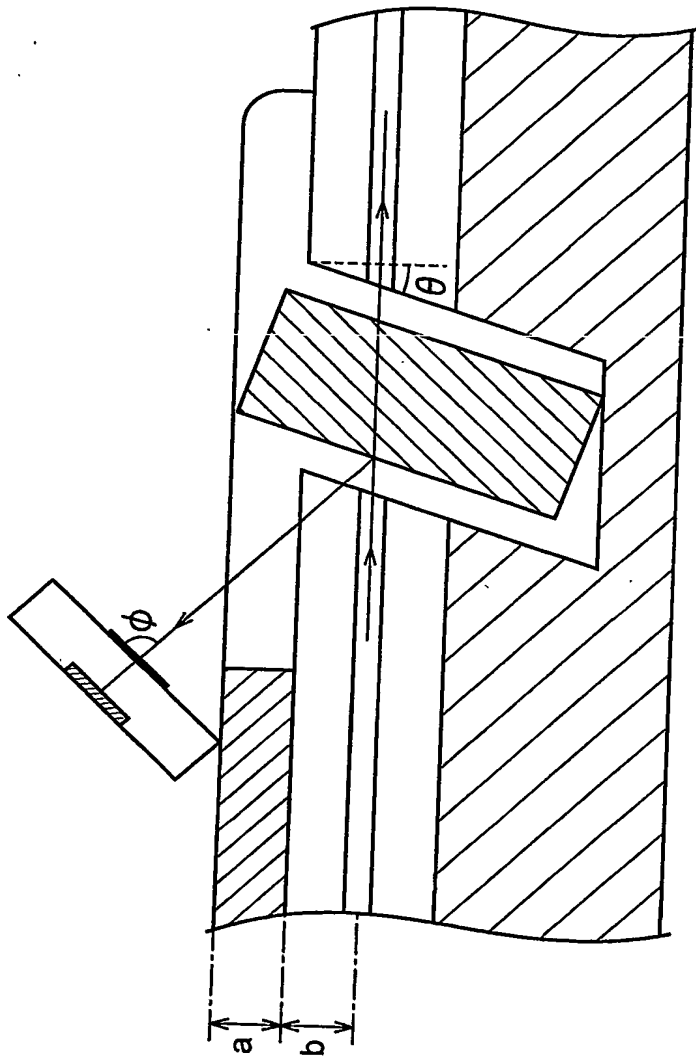


【図 7】

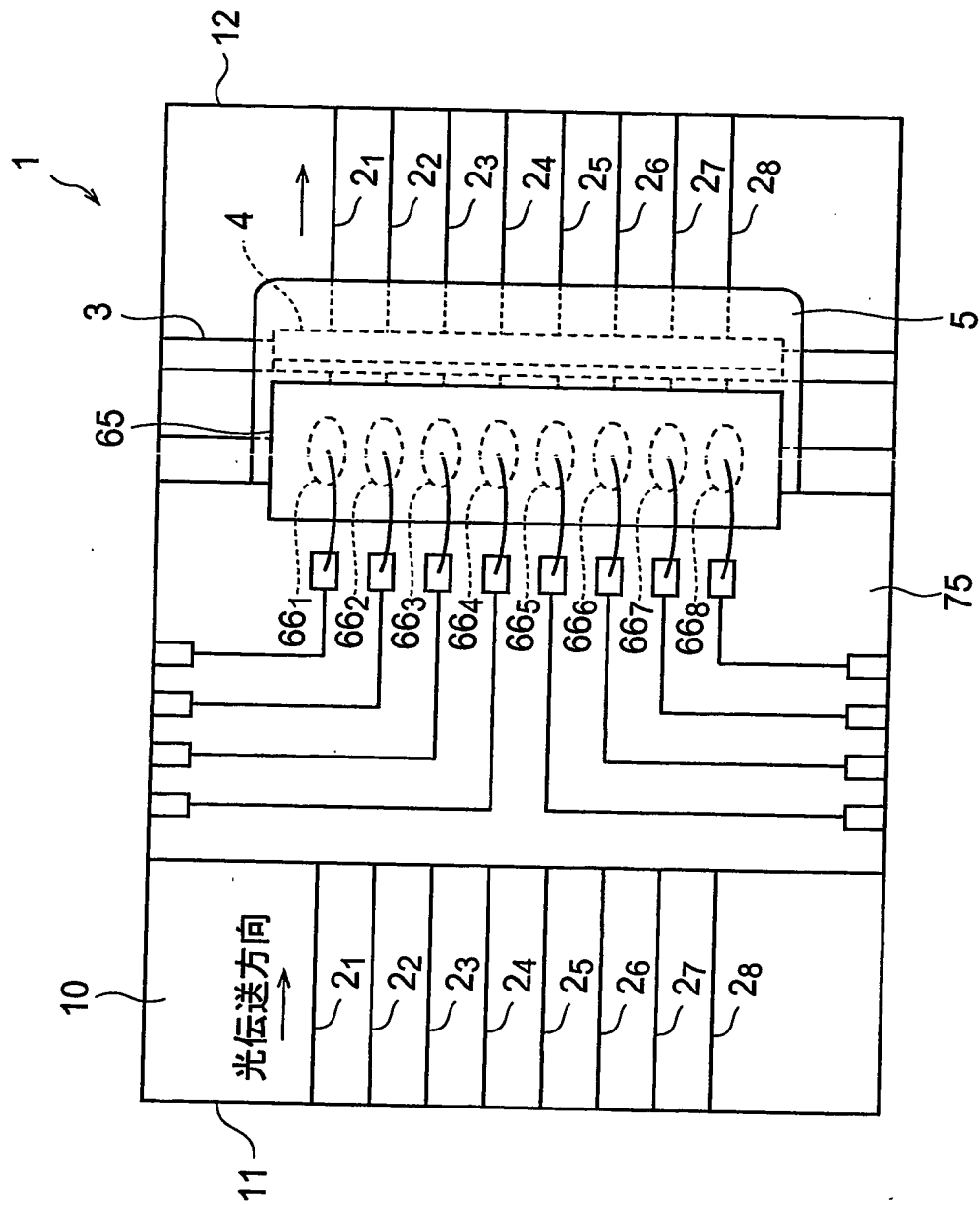




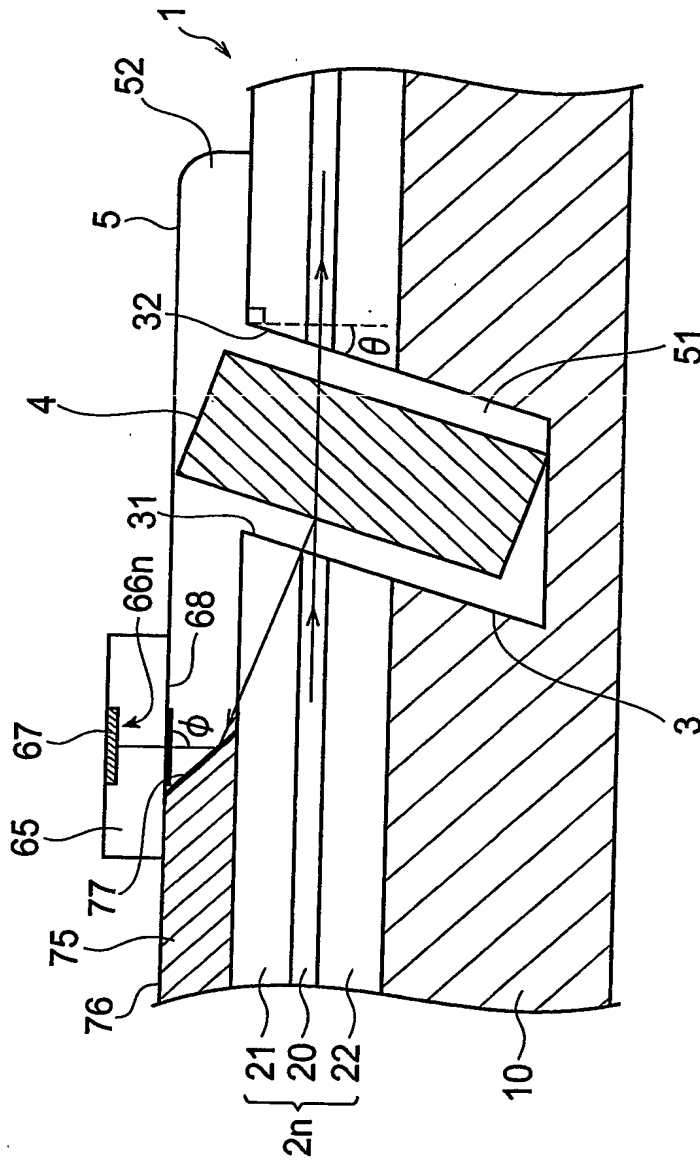
【図 8】



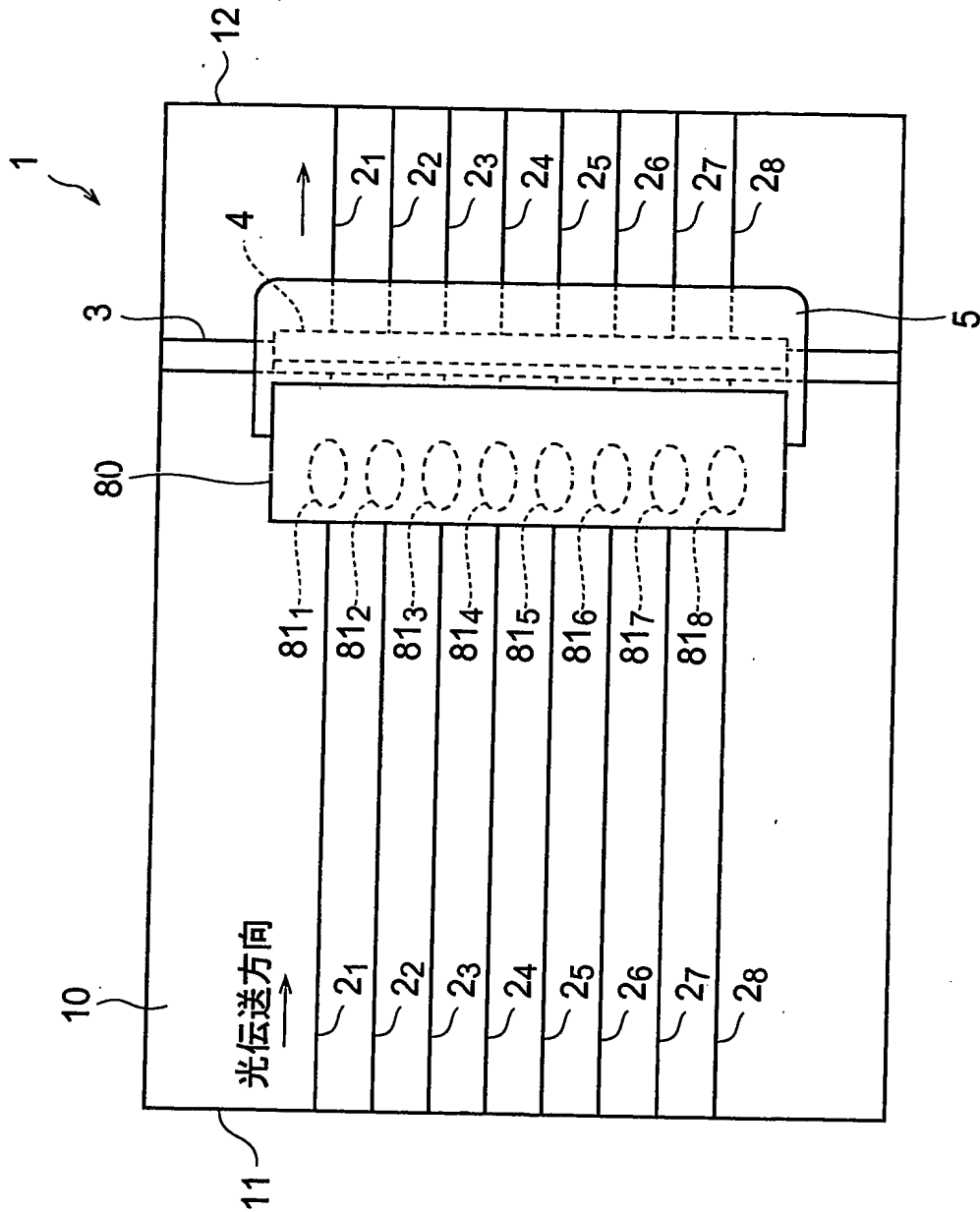
【图 9】



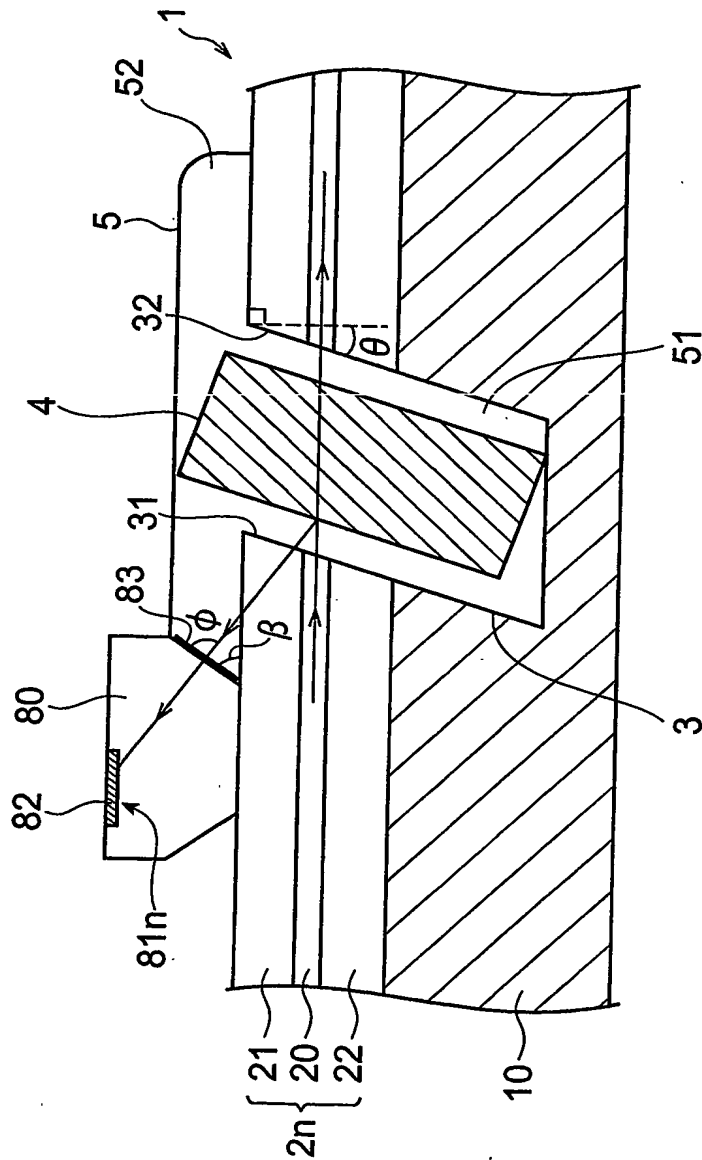
【図 10】



【図 11】

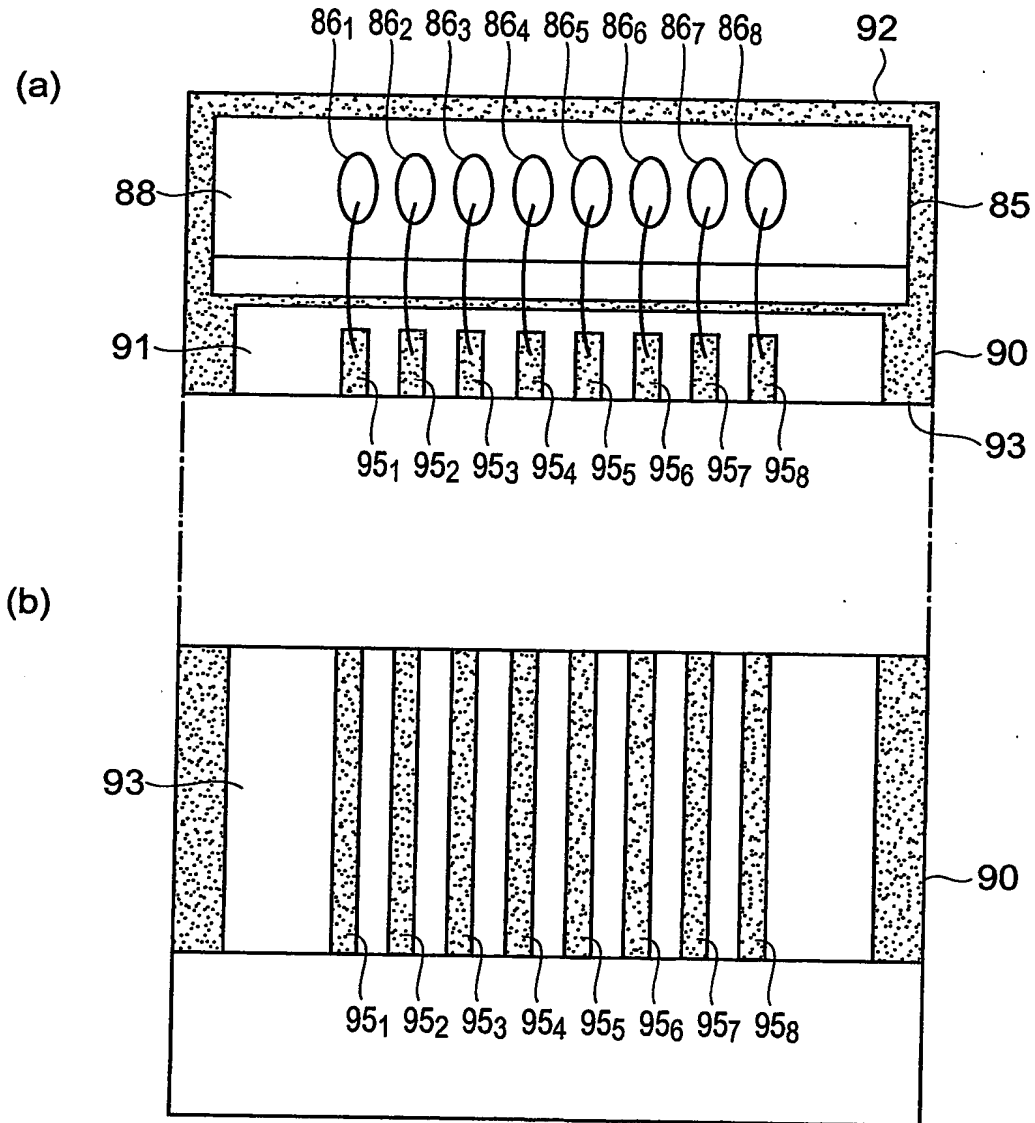


【図 12】





【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号光の偏波状態にかかわらず光強度を正しくモニタすることが可能な光導波路モジュールを提供する。

【解決手段】 平面導波路型光回路 1 において、光導波路  $2_n$  を横切るように形成された斜めの溝 3 の内側に反射フィルタ 4 を設置し、反射フィルタ 4 からの反射光を光検出器アレイ 6 0 の光検出器  $61_n$  で検出して、信号光の光強度をモニタする。また、光検出器  $61_n$  について、光回路 1 の上面側にサブマウント基板 7 0 を設置し、光回路 1 の上面に対して角度  $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) で斜めとなっている光検出器載置面 7 1 によって光検出器アレイ 6 0 を保持して、反射フィルタ 4 からの反射光が、光検出器アレイ 6 0 の光検出器  $61_n$  の光入射面 6 3 に対して所定角度  $\phi$  で入射する構成とする。

【選択図】 図 2



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名 住友電気工業株式会社